Module de Biophysique
1ère année de Médecine

Optique géométrique et biophysique de la vision

Série D

Exercice I :
Répondre aux questions suivantes, en explicitant les réponses :
1- Représenter l'oeil réduit.
2- Enumérer les différentes anomalies de la réfraction (ou amétropies).
3- Qu'est ce que la presbytie ? Comment peut-on y pallier ?
4- Avec quels verres corrige-t-on les anomalies de la réfraction ?
5- Quand utilisera-t-on des verres bifocaux ?

Exercice II :
Un observateur présente une hyperopie de 5 δ. Son amplitude d'accommodation est de 4 δ.
1- Montrer qu'il ne peut voir sans correction.
2- Déterminer la vergence des verres à utiliser si ceux-ci sont portés à 2,5 cm de l'oeil.

Exercice III :
Pour corriger la vue à l'infini d'un oeil aphake (opéré de la cataracte), il faut porter des verres d'une puissance de 15 δ.
Calculer la vergence et la distance focale du verre correcteur à utiliser pour que le malade puisse lire un texte placé à 30 cm.

Exercice IV :
Un sujet ne peut distinguer nettement un objet situé à plus de 40 cm.
1- Donner la nature et la puissance de l'amétropie dont il est atteint.
2- On désire corriger cette amétropie avec des lentilles de contact. Quelle doit être la vergence de ces lentilles.

Exercice V :
Un sujet a un oeil emmétrope (ou dit « normal »).
1- Ou est son PR, quelle est sa vergence (on prendra 15 mm pour la distance cristallin-rétine) ?
2- Cet oeil accommode au maximum (PP à 25 cm). Quelle est sa vergence ?
3- Que vaut l'amplitude maximale d'accommodation A ?
4- Ce sujet à 45 ans voit son PP passer de 25 cm à 60 cm. Quelle est la nouvelle vergence de cet oeil ? En déduire la nouvelle amplitude maximale d'accommodation. Que pouvons nous conclure ?

Exercice VI :
Un oeil primitivement emmétrope (ou dit « normal ») subit une déformation accidentelle qui recule la rétine de 1 mm sans rien changer au reste de l'oeil.
1- De quel défaut cet oeil est-il atteint ? ses vergences minimales et maximales ont-elles changées ?
2- Sachant que ces vergences étaient précédemment de 67 δ et de 75 δ. Quelles sont les nouvelles distances minimales et maximales de vision distincte.
3- Quelle serait la vergence des verres à employer pour voir sans accommoder à 5 m ? à l'infini ?

Exercice VII :

Un oeil hypermétrope assimilable à une lentille mince convergente de vergence 67 δ a son plan focal image à 1 mm derrière la rétine.

1- Sachant que l'accommodation maximale augmente sa vergence de 8 δ ? calculer sa distance minimale de vision distincte. Où se trouve son PR ?
2- Calculer la vergence de la lentille correctrice qu'il faut placer à 2 cm de son centre optique pour qu'il puisse voir nettement à l'infini. Où est alors son PP ?

Exercice VIII :

L'oeil d'un observateur a son PP à 50 cm et son PR virtuel à 89 cm.

1- Quelle est l'anomalie de cet oeil ? Quel verre faut-il pour corriger cette amétropie ?
2- Calculer la vergence de ces verres sachant qu'ils sont disposés à 1 cm de l'oeil de l'observateur. En déduire les limites de son nouveau champ de vision.
3- Le verre correcteur est une lentille symétrique de Crown d'indice $n = 1{,}52$. En déduire ses rayons de courbure.

Exercice IX :

Une personne amétrope a une amplitude d'accommodation de 7,5 dioptries. Elle porte des verres correcteurs plan concave d'indice absolu $n = 3/2$ et de rayon de courbure égal à 20 cm (on néglige la distance verre-oeil).

1- Calculer la vergence du verre correcteur. De quel défaut s'agit-il ? justifier votre réponse.
2- Calculer les positions du PP et du PR naturels de cet oeil (vision sans le port de lunettes). Calculer les limites du champ de vision de cette personne munie des verres correcteurs.
3- Quelle est la distance minimale entre deux points A et B que peut distinguer cet oeil sans lunettes si son acuité visuelle est égale à 4.10^{-4} rad.

Série 2-D

Rappel :

L'oeil : est un ensemble de dioptres sphériques qui se compose de l'iris, cornée, rétine ...
La rétine étant l'écran pour les images.
Le cristallin est la lentille considérée comme convergente.
Sa particularité réside dans sa focalité image qui ne change pas en fonction de la position de l'objet.

PR PP
+
condition de vision naturelle
O T
LC
rétine

Champ visuel : représente les limites des positions de l'objet vus par l'observateur, et on a :

PR → distance maximale de vision distincte (l'oeil est au repos, l'accomodation est minimale).

PP → distance minimale de vision distincte (l'oeil est en accomodation maximale).

Accomodation : c'est le changement de courbure des 2 faces du cristallin afin de ramener l'image de l'objet observé sur la tâche jaune (rétine).

Amplitude d'accomodation (dioptrique) : notée A, s'écrit :

$$A = C_{max} - C_{min} \quad [\delta]$$

C_{max} : accomodation max ; C_{min} : accomodation min.

$$C = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OT}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

$$C_{min} = \frac{1}{\overline{OT}} - \frac{1}{\overline{OPR}} \qquad C_{max} = \frac{1}{\overline{OT}} - \frac{1}{\overline{OPP}}$$

$$\Rightarrow A = \frac{1}{\overline{OPR}} - \frac{1}{\overline{OPP}}$$

Défauts de l'oeil:

- L'oeil est dit emmétrope dans le cas d'un oeil normal (PP à 25 cm, PR à ∞).
- L'oeil présente des anomalies appelées amétropies, on peut trouver :

Anomalies de réfraction → myopie, hyperopie, astigmatie.
Anomalies de réfraction de nature fonctionnelle → presbytie.

- **Myopie:** ne voit pas distinctement les objets éloignés (problème au niveau du PR).
  Oeil trop convergent, PR réel et peu éloigné, PP trop petit proche de l'oeil.
  Pour la correction, on utilisera des lentilles divergentes.
- **Hyperopie:** l'élément doit accomoder pour voir les objets réels. (fatigue de l'oeil, douleurs à la tête).
  L'oeil moins convergent, PR virtuel ($\overline{OPR} > 0$), $OPP > 25$ cm, l'image à ∞ se forme en arrière de la rétine.
  Pour la correction, on utilisera des lentilles convergentes.
- **Presbytie:** problème de vision de près (perte de faculté d'accomodation mais pas total).
  PR ne change pas, PP plus éloigné.
  Pour la correction, on utilisera des lentilles convergentes.

Correction: consiste à ramener l'image de l'objet qui se trouve en dehors de son champ de vision normal dans celui-ci

$$C_c = \frac{1}{OPR_N} - \frac{1}{OPR_c}$$

$$C_c = \frac{1}{OPP_N} - \frac{1}{OPP_c}$$

$$A = \frac{1}{OPR_N} - \frac{1}{OPP_N} = \frac{1}{OPR_c} - \frac{1}{OPP_c}$$

Exercices :

Exo 5 :

Œil normal $\begin{cases} PP \text{ à } 25 \text{ cm} \\ PR \text{ à } \infty. \end{cases}$

1/ $OPR = -\infty \rightarrow$ accomodation minimale (vision de loin).

$$C_{min} = \frac{1}{OT} - \frac{1}{OPR_N} = \frac{1}{15.10^{-3}} - \frac{1}{-\infty} = 66,66\ \delta.$$

2/ Accomodation maximale (vision de près).

$$C_{max} = \frac{1}{OT} - \frac{1}{OPP_N} = \frac{1}{15.10^{-3}} - \frac{1}{-0,25} = 70,66\ \delta.$$

3/ $A = C_{max} - C_{min} = 4\ \delta.$

4/ PP passe de 25 cm $\rightarrow$ 60 cm $\rightarrow$ problème de vision de près.

$\Rightarrow$ Presbyte.

C_{min} ne change pas : $C_{min} = 66,66\ \delta.$

$$C_{max} = \frac{1}{OT} - \frac{1}{OPP_{N_1}} = \frac{1}{15.10^{-3}} - \frac{1}{-0,60} = 68,32\ \delta.$$

$$A = C_{max} - C_{min} = 68,32 - 66,66 = 1,66\ \delta < 4\ \delta.$$

* Chez un sujet presbyte : $A < 4\ \delta$.

Exo 2 :

Hyperopie de 5 δ $\Rightarrow$ puissance d'amétropie est de 5 δ.

1/ $$C_c = \frac{1}{OPR_N} - \frac{1}{OPR_c} = +5\ \delta.$$

On pose : $OPR_c = -\infty$.

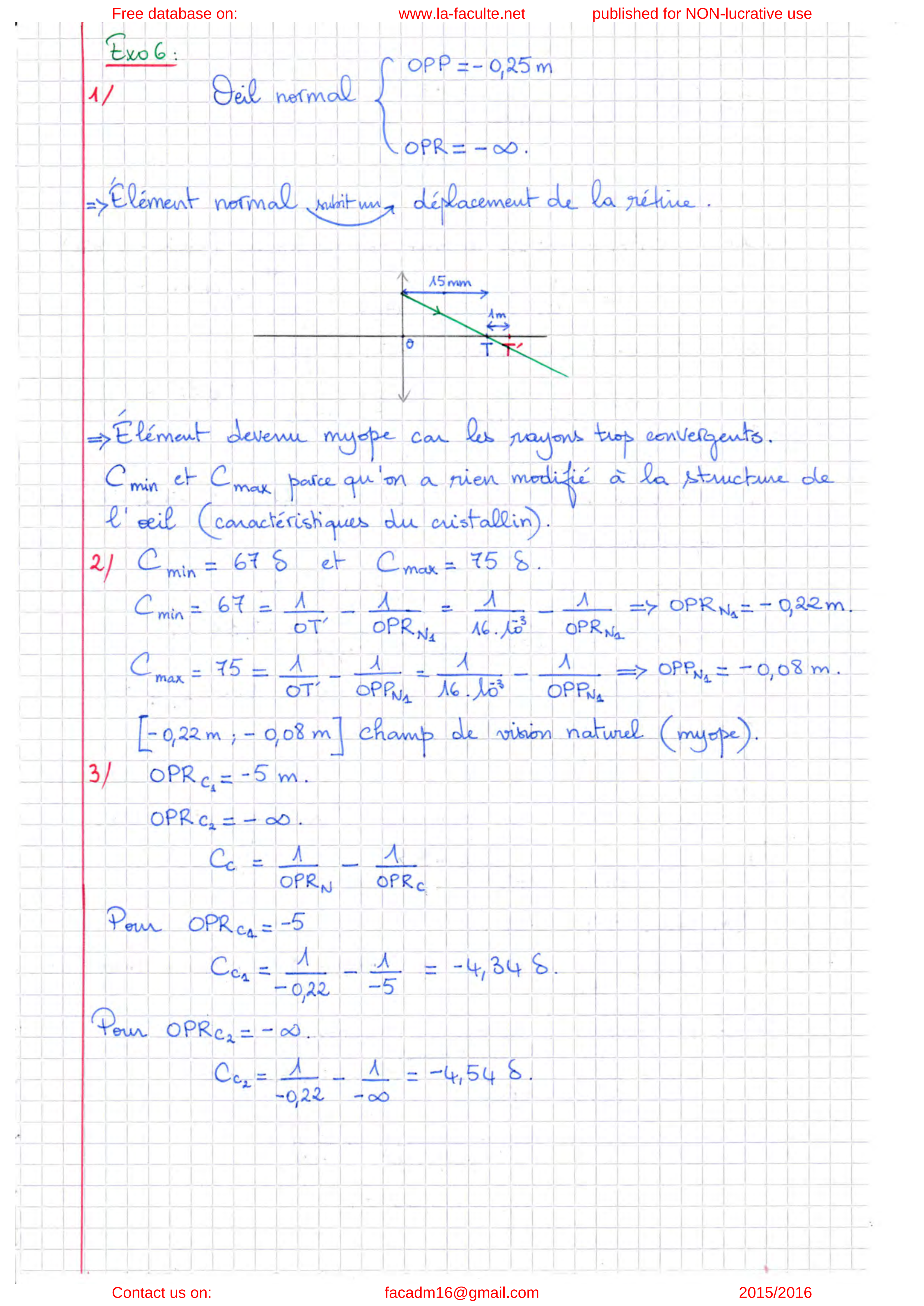
$$C_c = \frac{1}{OPR_N} = +5\ \delta \Rightarrow OPR_N = \frac{1}{+5} = 0,2\ m = 20\ cm > 0.$$

$\Rightarrow$ PR virtuel $\rightarrow$ besoin de correction.
↑ élément ayant.

2/ $$C_{c_1} = \frac{1}{O_1PR_N} - \frac{1}{O_1PR_c} \quad \text{avec : } O_1PR_c = -\infty.$$

$$C_{c_1} = \frac{1}{+22,5.10^{-2}} - \frac{1}{\infty}$$

$$C_{c_1} = +4,44\ \delta.$$



Exo 6 :

1/ Œil normal $\begin{cases} OPP = -0,25 \text{ m} \\ OPR = -\infty. \end{cases}$

⇒ Élément normal subit un déplacement de la rétine.

⇒ Élément devenu myope car les rayons trop convergents.
C_{min} et C_{max} parce qu'on a rien modifié à la structure de l'œil (caractéristiques du cristallin).

2/ $C_{min} = 67\ \delta$ et $C_{max} = 75\ \delta$.

$C_{min} = 67 = \frac{1}{OT'} - \frac{1}{OPR_{N_1}} = \frac{1}{16.10^{-3}} - \frac{1}{OPR_{N_1}} \Rightarrow OPR_{N_1} = -0,22 \text{ m}.$

$C_{max} = 75 = \frac{1}{OT'} - \frac{1}{OPP_{N_1}} = \frac{1}{16.10^{-3}} - \frac{1}{OPP_{N_1}} \Rightarrow OPP_{N_1} = -0,08 \text{ m}.$

$[-0,22 \text{ m} ; -0,08 \text{ m}]$ champ de vision naturel (myope).

3/ $OPR_{C_1} = -5 \text{ m}.$

$OPR_{C_2} = -\infty.$

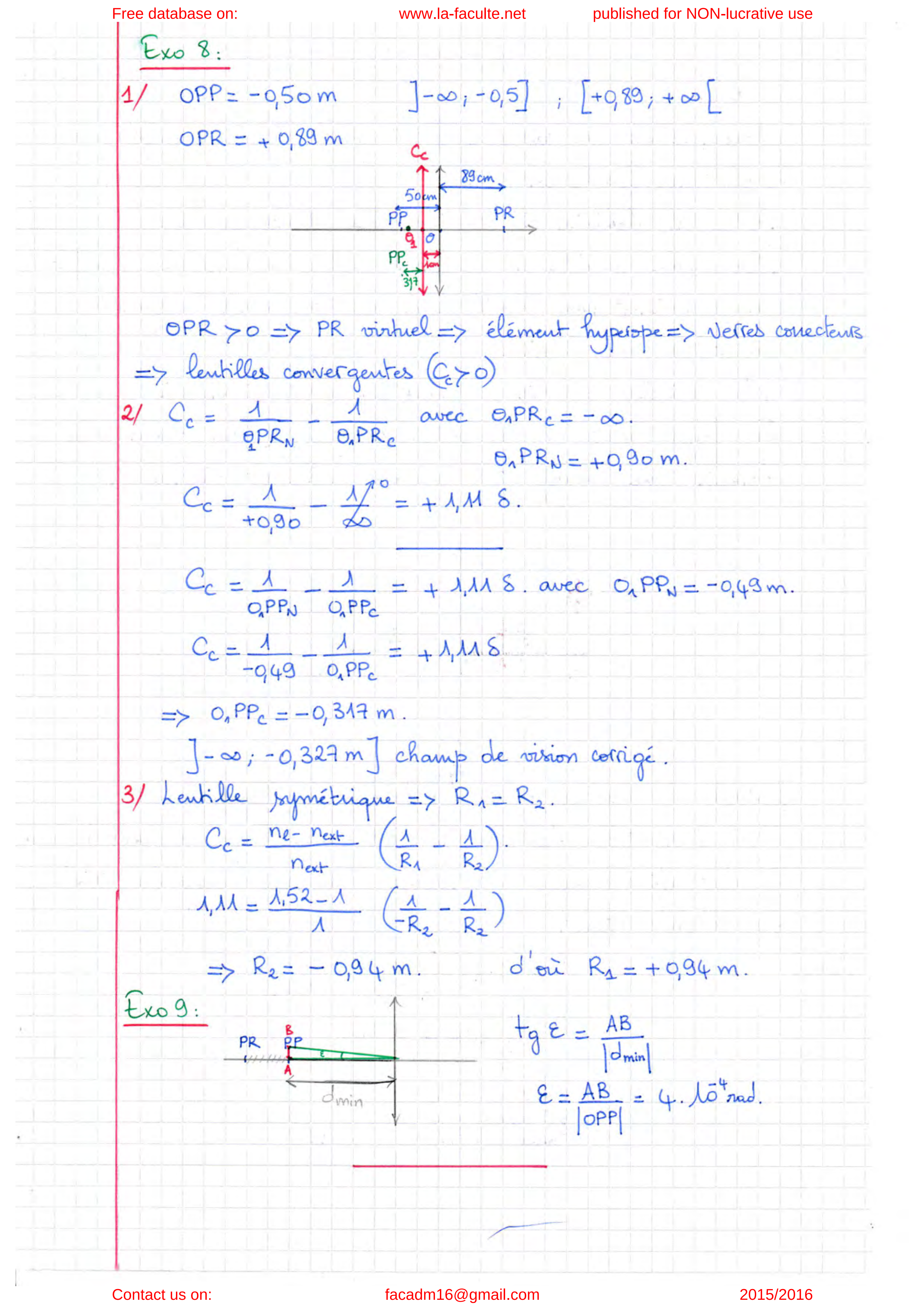
$C_C = \frac{1}{OPR_N} - \frac{1}{OPR_C}$

Pour $OPR_{C_1} = -5$

$C_{C_1} = \frac{1}{-0,22} - \frac{1}{-5} = -4,34\ \delta.$

Pour $OPR_{C_2} = -\infty.$

$C_{C_2} = \frac{1}{-0,22} - \frac{1}{-\infty} = -4,54\ \delta.$



Exo 8 :

1/ $\overline{OPP} = -0{,}50\ m$ $\quad]-\infty ; -0{,}5]$; $[+0{,}89 ; +\infty[$

$\overline{OPR} = +0{,}89\ m$

$\overline{OPR} > 0 \Rightarrow$ PR virtuel $\Rightarrow$ élément hyperope $\Rightarrow$ verres correcteurs $\Rightarrow$ lentilles convergentes ($C_c > 0$)

2/ $C_c = \dfrac{1}{\overline{O_1PR_N}} - \dfrac{1}{\overline{O_1PR_c}}$ avec $\overline{O_1PR_c} = -\infty$.

$\overline{O_1PR_N} = +0{,}90\ m$.

$$C_c = \frac{1}{+0{,}90} - \frac{1}{\infty}^{\to 0} = +1{,}11\ \delta.$$

$$C_c = \frac{1}{\overline{O_1PP_N}} - \frac{1}{\overline{O_1PP_c}} = +1{,}11\ \delta. \text{ avec } \overline{O_1PP_N} = -0{,}49\ m.$$

$$C_c = \frac{1}{-0{,}49} - \frac{1}{\overline{O_1PP_c}} = +1{,}11\ \delta$$

$\Rightarrow \overline{O_1PP_c} = -0{,}317\ m$.

$]-\infty ; -0{,}327\ m]$ champ de vision corrigé.

3/ Lentille symétrique $\Rightarrow R_1 = R_2$.

$$C_c = \frac{n_e - n_{ext}}{n_{ext}}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right).$$

$$1{,}11 = \frac{1{,}52 - 1}{1}\left(\frac{1}{-R_2} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$\Rightarrow R_2 = -0{,}94\ m.$ d'où $R_1 = +0{,}94\ m.$

Exo 9 :

$$\text{tg}\ \varepsilon = \frac{AB}{|d_{min}|}$$

$$\varepsilon = \frac{AB}{|\overline{OPP}|} = 4 \cdot 10^{-4}\ rad.$$